第**卷第**期
****年**月

Vol. **, No. **
** ****

DOI:
张震 电能表技术应用研究［J］. ****，****，**，（**）：00-00

电能表技术应用研究

张震
华能济南黄台发电有限公司，山东 济南 250100

摘　要：电能表技术应用研究是一个深入且广泛的领域，涵盖了电能表的设计、制造、测试、校准以及其在电力系统中的应用等多个方面。随着科技的不断进步和电力行业的快速发展，电能表技术应用也在不断创新和完善。首先，从电能表的设计制造方面来看，现代电能表已经不再是简单的机械式电能表，而是采用了微处理器技术和通信技术，成为智能电能表。智能电能表具有高精度、多参数测量、谐波功率电能计量等优势，能够准确测量电能使用量，包括有功功率、无功功率和视在功率等相关参数。同时，智能电能表还具备远程抄表、实时监控、数据传输等功能，大幅度减少了人力资源的需求和成本，提高了电力系统的运行效率和管理水平。其次，在电能表的测试和校准方面，也采用了先进的技术手段。例如，高速率、实时测量交流采样技术，使得电能表的测量更为准确和迅速。同时，开放式、高速率通信技术的应用也使得电能表的数据传输更为可靠和高效。在电能表的应用方面，智能电能表在电力系统的监测和管理中发挥了重要作用。它可以实时地采集和分析系统的运行数据，根据需求进行调控，以保证系统的安全运行。此外，智能电能表还可以为电力系统的优化和节能提供数据支持和决策依据，有助于减少不必要的用电浪费，达到节能减排的目的。然而，电能表技术应用研究仍然面临一些挑战。例如，随着电力系统的不断发展，对电能表的性能要求也越来越高，需要不断提高电能表的测量精度和稳定性。同时，随着新能源和分布式电源的接入，电力系统变得更加复杂，对电能表的适应性也提出了更高的要求。因此，未来的电能表技术应用研究需要继续深入探索新的技术方法和手段，以满足电力系统的不断发展和变化的需求。例如，可以研究更加先进的测量算法和校准方法，提高电能表的测量精度和稳定性；可以研究更加智能的数据处理和分析技术，以实现对电力系统的更精准监测和管理；还可以研究更加高效的通信技术，提高电能表的数据传输效率和可靠性。此外，还需要关注电能表在新能源和分布式电源接入方面的应用问题。如何更好地适应新能源和分布式电源的接入，提高电力系统的运行效率和稳定性，是电能表技术应用研究的重要方向之一。综上所述，电能表技术应用研究是一个不断深入和发展的领域，需要不断探索和创新。通过不断的研究和应用，相信电能表将在未来的电力系统中发挥更加重要的作用，为电力行业的发展和社会的进步做出更大的贡献。

关键词：电能表技术；高压电能计量；智能电表；
中图分类号：TM933.4　　**文献标识码：**　　**文章编号：**

Research on the application of electricity meter technology

ZHANG Zhen
Huaneng Jinan Huangtai Power Generation Co.，Ltd.，Jinan，shandong 250100，China

Abstract: The application research of energy meter technology is an in-depth and extensive field, covering the design, manufacturing, testing, calibration and application of energy meters in power systems. With the continuous progress of science and technology and the rapid development of the power industry, the application of electric energy meter technology is also constantly innovating and improving. First of all, from the perspective of the design and manufacture of electric energy meters, modern electric energy meters are no longer simple mechanical electric energy meters, but use microprocessor technology and communication technology to become smart electric energy meters. Smart energy meters have the advantages of high precision, multi-parameter measurement, harmonic power power metering, etc., and can accurately measure electric energy usage, including active power, reactive power, apparent power and other related parameters. At the same time, the smart energy meter also has the functions of remote meter reading, real-time monitoring,

作者简介：张震　　男，　(1977-)，　　　　从事电能计量技术研究　　　　721047546@qq.com

data transmission, etc., which greatly reduces the demand and cost of human resources, and improves the operation efficiency and management level of the power system. Secondly, advanced technical means are also used in the testing and calibration of electric energy meters. For example, high-speed, real-time measurement AC sampling technology makes the measurement of energy meters more accurate and faster. At the same time, the application of open, high-speed communication technology also makes the data transmission of electric energy meters more reliable and efficient. In terms of the application of energy meters, smart energy meters play an important role in the monitoring and management of power systems. It can collect and analyze the operation data of the system in real time, and adjust it according to the needs to ensure the safe operation of the system. In addition, smart energy meters can also provide data support and decision-making basis for the optimization and energy conservation of the power system, which helps to reduce unnecessary waste of electricity and achieve the purpose of energy conservation and emission reduction. However, there are still some challenges in the application of energy meter technology. For example, with the continuous development of the power system, the performance requirements for electric energy meters are also getting higher and higher, and the measurement accuracy and stability of electric energy meters need to be continuously improved. At the same time, with the access of new energy and distributed power sources, the power system has become more complex, and higher requirements have been put forward for the adaptability of electric energy meters. Therefore, in the future, the application research of electric energy meter technology needs to continue to explore new technical methods and means to meet the needs of the continuous development and change of the power system. For example, more advanced measurement algorithms and calibration methods can be studied to improve the measurement accuracy and stability of electric energy meters, more intelligent data processing and analysis technologies can be studied to achieve more accurate monitoring and management of the power system, and more efficient communication technologies can be studied to improve the data transmission efficiency and reliability of electric energy meters. In addition, it is also necessary to pay attention to the application of electric energy meters in the access of new energy and distributed power sources. How to better adapt to the access of new energy and distributed power sources and improve the operation efficiency and stability of the power system is one of the important directions of the application research of electric energy meter technology.To sum up, the application research of electric energy meter technology is a field that is constantly deepening and developing, which needs to be continuously explored and innovated. Through continuous research and application, it is believed that the electric energy meter will play a more important role in the future power system and make greater contributions to the development of the power industry and the progress of society.

Key words: Energy meter technology High voltage energy metering Smart meters

0 引言

在国内，国网、南网对计量新技术应用的需求，很大程度上决定了电表市场新技术（产品）开发与应用走向。在国网智能电表低价位集中招标之初，本文作者就提出智能电表、终端是两个有活力、永恒的电器市场，而智能电网的高压电力设备，往往具有漫长的更新周期。但是低价位的智能电表、终端只能支持电表企业生存、电网计量部门暂时的应用，无法推动电表企业发展与电网未来计量的需求；同时，2012年中国大批量电表出口（约2830万只），至今还未能进入国际高端市场，这是中国电表行业长期以来的发展瓶颈。

本文认为：从长远看，中国电表行业要发展，需要倡导电网科学计量新理念，就是以反映计量学客观规律的知识体系，面向未来，研究电表新技术应用，推进电价改革、降低电网安全风险、减少电网损耗、促进电网收益的增长；同时也推动电表企业转型升级，保障电表行业可持续发展。

一、《10-110kV 高压电能计量标准及其量值溯源传递关键技术研究》项目鉴定会与高压电表走向

1、 新一代智能变电站示范工程建设启动

1）舒印彪：新一代智能变电站以集成化智能设备与一体化业务系统为主要特征，将实现分专业设计向整体集成设计的转变，一次设备智能化向智能一次设备的转变，是先进适用技术的集成应用。其目标是安全可靠、运行灵活、维护简便、节能环保。

2）沈江：五大电网新技术值得关注

·特高压直流输电技术

·柔性直流输电技术

·新一代智能变电站技术

·采用集电子式互感器、隔离开关和断路器一体的集成式智能断路器（注：一次设备集成化）

·标准配送式智能变电站技术

·智能交流输电线路

·采用无人机巡线、直升机巡线、动态增容模块、监测装置、新型复合材料杆塔、节能导线、融冰装置等。

3）辽宁朝阳220千伏何家智能变电站是世界上第一个采用许继集中式保护的智能变电站工程。（注：二次设备集成化）

·许继：传统二次保护系统，测控、计量、保护每一项功能需要一套装置。现在，设备集成化、功能软件化，解除功能和装置的绑定。

4）福建500kV笠里变电站：首次采用常规互感器+合并单元的模式，实现电流互感器采样数字化，解决现阶段电子式互感器可靠性问题。还首次采用“一次设备+智能终端+传感器”的模式，运用微水、压力、密度在线监测等多合一IED装置，实现一次设备的远程可视化。（注：一次设备与二次设备功能集成化）

5）高压电子式互感器技术发展的困惑？

国网公司：披露智能设备检测结果

·国网：**2012**年初，出台《加强智能变电站关键设备质量管控指导意见》

·截至**2011**年底，国网系统在运电子式互感器共**2538**台，主要运行在河南、山西、辽宁、江苏等省。

·从**2011**年**8**月开始，国网组织开展电子式互感器关键设备的性能检测。第一轮测试为**2011**年**9-12**月，全部**41**台产品只有**4**台全部通过试验；**9**台产品出现严重故障，无法集成试验，最终退出。检测中，暴露出的问题主要集中在电磁兼容、短时电流、温度循环，绝缘击穿等方面。第二轮检测，从**2012**年**5**月开始，（检测结果尚未公布）。

·有源电子式电流互感器设计缺陷与改进

电磁兼容性：提高机箱屏蔽效能，电源、信号外接端口应采取滤波接入设计。采取抑制浪涌的元器件。在电源口增加滤波器，改变电路结构或采取屏蔽，减少敏感回路受传导和辐射等高频影响。改进接地方式设计，克服地电位压差和高频信号干扰。

短时电流测试发现：采集器测量通道元器件损坏，大电流信号导致采集芯片输入超量程使用，而产品设计中没有限值保护，使其损坏。

温度循环测试发现：密封破坏、气体泄漏；高温时，采集器激光供能不正常。

隔离开关分合测试：提高电磁兼容防护设计等级。

2、　国电南自：承担新一代智能变电站数字化电能表和电能采集终端的研制工作。

3、　中国计量院：《10kV-110kV/1000A高压电能计量标准及量值溯源传递关键技术研究》项目鉴定会

该项目为国家科技支撑计划项目——节能减排若干能源计量标准关键技术的研究的课题**3**：**2009BAK66B03**的子项目：高压电能计量标准及量值溯源传递关键技术研究。

项目正式启动以来，经过三年的努力，完成了**10kV**、**35kV**、**110V/1000A**高压电能计量标准和**10kV**、**35kV**、**110V/1000A**新型三相四线虚地式高压电能测量装置的研究，同时在上述工作基础上提出了建设我国电能计量智能电网（**AMI**）的方案。

高压电能计量是目前电能计量面临的最大挑战和重要的机遇，它可以分为两个部分，即室内校准/检定（**in house**）和现场校准（**on site**）。

以三相标准功率源和相应的三相多功能标准表结合，研制成功了**10kV**、**35kV**、**110kV/1000A**高压电能计量标准，完成了装置的量值溯源，考查其稳定性的核查标准体系也已经分别运行超过**2**年、**10**个月、**5**个月，同时完成了本项目中研制成功的三相四线虚地高压电能测量装置的校准，其标准装置准确度超过项目预期的指标**0.05%**，达到了**0.02%**，处于国际领先水平；已经建标的**10kV/1000A**高压电能表标准装置（**[2012]**国量标计证字第**262**号），填补了国际空白。为解决项目计划中的现场校准装置研制，在项目原先提出的技术方案的基础上，进行了新的重要的改进，并申报了新的发明专利，已获得授权。在国际上首次提出了虚地三相四线高压电能测量的概念。在技术上，进一步提出并解决了这种高压电能测量在运行中可能遭遇“掉相”时引起的虚地高压危险，克服了一系

列技术问题，特别是安全和抗干扰方面的技术难点，最后研制成功“安全虚地式三相四线10kV、35kV、110kV标准高压电能测量装置”，其线性度和温度稳定性都达到了0.1%和0.2%等级的要求，其中10kV高压电能表测量装置（现场校准装置）的样机已于2011年10月11日在烟台供电公司成功挂网运行，至今已安全、连续运行超过一年半，取得了大量的实验数据。这是一台真正意义上的标准高压电能测量装置，它的完整设计、高准确度和先进的数据传输方式，可作为电能计量工作标准植入电网，解决现场计量问题，在将来建设我国智能电网的AMI（智能测量体系）中将发挥重要作用。

完成的上述工作，属于创造性自主技术研究，具有完全的自主知识产权，申报了6项目发明专利和1项软件著作权。并且本项目的核心技术在获得中华人民共和国发明专利的基础上，正在美国、加拿大、澳大利亚等国申请专利保护（已受理公开将进入实审）。

4、 高压（10-35KV）电能表是否预示新的应用前景？

1）前面已经叙述，10KV、0.02级三相电能计量标准装置已经由国家计量行政部门发证；35-110KV、0.02%三相电能计量标准装置已通过国家科技支持计划项目的科技鉴定。可以说，高压电表已经可以实现直接计量溯源。

2）10-35KV高压电能表的国家标准已经发布；现在，只期望高压电能表国家检定规程尽早出台。

3）需要讨论的问题：高压电能表是否属于电能表、高压互感器及二次回路的集成化设计？（注：一次设备和二次设备集成化）

目前，高压电能表用于电网线损计量、防窃电网络，在安全、准确度、电磁兼容性方面，需要通过哪些设计改进、测试和认证，才能进入电力贸易结算领域应用？

4）鉴于10kV高压电表大规模应用的市场前景尚不明朗，本文作者认为需要研究另走新路，要围绕国网现代化配电网建设的新政，第一步先开发10kV监测终端，实现电能计量、电能质量监测与反窃电、线损管理等网络化应用；待完成10kV监测终端大容量取源问题研究之后，第二步开发10kV测控终端，面向智能配用电网运行参数的智能化调整与高压电力负荷控制，将有较好的市场与应用前景。

二、国网智能电表企业标准（修订版）与后续高端电表开发

1、国网智能电表企业标准（修订版）的构成及内容主要变化

1）国网智能电表企业标准（修订版）共有7册：包括智能电表功能规范、单相/三相智能电表的技术规范、型式规范；单相静止式多费率电能表技术规范；智能电表信息交换安全认证技术规范。

2）威胜集团公司：国网智能电表企业标准（修订版）内容主要变化

·标准的整合：国网智能电表企业标准由原来的12个标准整合为6个标准。

·产品的整合：按国网新标准整合后的单相电表8款、农网单相电表2款；三相电表20款。

·功能和安全规范修改点：增加软件功能比对；红外认证；通信模块（尺寸）互换功能；恒定磁场监测；交流磁场防潜动；电源异常检测；负荷开关误动作检测；取消编程按键，所有参数的设置需通信密文设置。

·技术规范修改点：除功能和安全规范新增项目的测试方法，还增加高温极限工作影响测试；负荷开关类型选用Uc2，三相负荷开关采用一体化设计；由负荷开关通断引起的电流回路阻抗变化测试。

·争议较大的几个问题：自动封印的实现方式；接口的变更与统一；防磁规范；无极性RS485；端子的实现方式；时钟实现的争议。

2、国网第二代智能电表企业标准需要继续完善、探讨的问题

1）无功计量要列出具体负荷点的误差要求、影响量测试项目。

2）建议进口部分内置100安负荷开关，大幅度减少智能电表类型，推进内置100安负荷开关国产化。

3）研究应用基波有功电能计量技术。在现场，经正弦波计量校准的智能电表，通过非正弦波计量与贸易结算，可以认为是不合理计量方式。

4）研究采用非正弦波计量的功率因数计算方法，保障电网合理收益的增长。

5）研究补充智能电表性能稳定性、一致性的技术改进措施与测试项目，完善智能电表质量管控方法。

6）借鉴IR46（CD6）电表型式批准的测试程序，研究智能电表由多个影响量引起的基本组合最大误差计算方法，给出智能电表在实际环境下运行

时的总不确定度。

3、三相/单相智能电表品质试验方法合作研究的初步成果：

1）**2008**年，由国内机构经过两年的合作研究，开发出国内首套三相电子式多功能电表品质试验装置，具有较强鉴别能力的特殊性能评估重点项目**10**项：

·在正弦和非正弦波形下，有功和无功功率测量原理鉴别；

·从电能定义出发，在负载电流、电压、相位、频率、积累周期的全口径范围内的计量误差曲线测绘；

·**0-360** 有功、无功计量误差一致性测试；

·在临界电压下的计量误差测试；

·谐波负荷下有功、无功电能计量差异鉴别；

·极低负荷和低功率因数下有功功率、无功功率准确度测试；

·三相电压不平衡对无功计量的影响；

·冲击负荷试验

·在实用、极限通信条件下，通信、数据保存、计量工作情况考核；

·多种要求下电能表脉冲常数验算。

这里需要说明，三相电子式多功能电表特殊性能评估技术已经超越现有电表参考标准的范畴，由此更应注重评估测试技术的计量溯源或不确定度计算与分析。

2）**2012**年，由国内机构合作研制出国内首款单相智能电表品质试验装置。其主要特征是模拟现场环境下，电表在表箱内集成影响试验：

防直流磁场窃电试验；电表在表箱内长时间潜动试验；接线端子温度测试；脉冲负荷下的准确度试验；快速停电/送电、电压缓升/缓降对电表软件的影响；通信对电表结算转存的影响、升/掉电对电表结算转存的影响；分布式电源并网的低功率因数和谐波对计量准确度的影响试验。

以上单相智能电表品质试验装置具备的计量准确度与测试功能，适应国网智能电表新标准的实施和智能电表质量管控工作的要求。

4、国产电表要出口国际高端市场，需要先期制定出高品质电表设计规范，深入研究提高电表性能稳定性、可靠性包括软件、通信可靠性的措施。

近期，《进口高端电表全性能研究》技术合作项目将进入实施阶段。

三、统计电能表智能化应用

1、 统计电能表的由来

2、 由 **ABB** 推出的全球首款集成能源管理和智能电网通信功能的低压开关 **EMax2** 的启示

1）**E max2**全新系统低压断路器，集成了系统保护、负载管理、测量、通信及电能管理等多种功能，从标准系统到最复杂的自动化网络，**E max2** 都能简单可靠地满足用户需求。

2）**E max2**配装了集成电能管理功能的智能型脱扣器，能够测量和评估能耗，继而通过管理用电负荷维持或降低由用户设定的峰值功率。

3）新一代智能脱扣器具有容易设定和读取、具备直观的触摸屏操作、精度高、可以存储更多报警和脱扣事件等多种功能，同时还配备了避免故障和有效脱扣所需的智能管理系统。

4）**E max2**可以通过对非重要负荷选择性的脱网和适时的再接入实现电能管理理，这一智能“决策”源于**ABB**专利技术的软件算法。

5）这一独有的电能管理功能是**E max2**最高端技术。其无需增加额外的监控系统，在客户设定的最大功率限值前提下，通过**ABB**专利技术的逻辑算法，配合控制器对能耗实时监测，在保证整体系统运行正常前提下，基于客户对负载优先级别的排序，控制下游主次支路分合。

6）**E max2**还具有广域的连通性，可与所有自动化配网和能量管理系统实现完美整合，或实现远程服务。同时，非常易于操作，可以通过便携笔记本、智能手机或者单板电脑对智能脱扣器进行读写与查询。其通信模块可以直接正面安装，并能简单、快速的实现通信功能。

7）**E max2**将保持与原有的**E max**断路器价格水平不变的情况下，逐步替代**E max**断路器产品。

8）**ABB**还将针对如低温、高海拔、高压直流等特殊的应用场合，对**E max2**的相关功能进行定制化设定。

9）**ABB**公司：《具有功率控制器功能的**Emax2**用于负荷管理》

3、 基于统计电能表的低压用电网络电力负荷、节能监测与智能化控制系统的应用研究

四、国内/国际高端电表计量新技术

1、 国内方面

1）中电技术公司：推出iMeter8高端智能电表

2）广州致远公司：PA6000高精度宽带功率分析仪应用于变压器测量项目

3）清华大学、中国计量院：《功率天平准直参数及其调整措施的分析》

2、 国际方面：

1）兰吉尔公司：AMI的电表设计

2）GE公司：三相多功能电表具有畸变功率因数计算功能

3）GE公司：单相智能电表，0.2级、双向通信、内置高级智能应用程序

4）Radiam公司：用户可以自定义波形的标准电能计量装置

5）智能电表计量SOC芯片

·Maxim 公司：智能电表的六合一 SOC

·ADI 公司：业界首款全隔离式计量芯片

·ST 公司：智能电表芯片方案

6 ）以上国际高端电表计量技术如何引进、消化、吸收再提高后应用？

五、国网发布分布式电源并网服务工作的意见，导出电能计量新课题

近期，国务院发布《关于促进光伏产业健康发展的若干意见》，电网企业要加强与光伏发电相适应的电网建设与改造，保障配套电网与光伏发电项目同步建成投产，确保光伏发电项目及时并网，全额收购所发电量。对分布式发电项目免收系统备用容量费和相关服务费用。

1、《关于做好分布式电源并网服务工作的意见》有关内容

1）建于用户内部场所的分布式电源项目，发电量可以全部上网、全部自用或自发自用余电上网，由用户自行选择，用户不足电量由电网提供。上、下网电量分开结算，电价执行国家相关政策。（国网）公司负责提供关口计量装置和发电量计量用电能表。

2）分布式光伏发电、风电项目不收取系统备用容量费

2、由中国电科院牵头编写的3项分布式电源并网行业标准，包括分布式电源接入电网的运行控制规范/测试技术规范/监控系统功能规范。

3、分布式电源并网的需求

1）2012年12月21日，国内首个居民用户光伏电源在山东青岛并入国家电网。该项目装机总容量2KW，并网电压为220V，采用电量自发自用、余量上网方式并入电网。

2）预计到2015年，我国将建成1000个天然气分布式能源项目、10个天然气分布式能源示范区；分布式太阳能发电达到1000万千瓦，建成100个以分布式可再生能源应用为主的新能源示范城市。

4、安科瑞公司：（大型）光伏电站电力监控系统

5、中国电科院：《新能源发电并网中电能计量问题的研究》

1 ）新能源的突出特点

·间歇性：呈现出很大的季节性和时间性：当风力充足或阳光照射强烈时，风电机组或太阳能电池板满负荷工作，将大量的电能送向电网；如果风力不足或夜间没光照，此时上网电量即为零。

·双向性：对新能源电源，潮流方向变为双向，用户还是电网的电源点。

由于巨大的负荷变化范围，双向计量很难同时计量准确；再是，新能源电站的站用变的消耗电量，往往采用协议结算。

2 ）低压并网、高压并网的计量解决方案：（略）

3 ）目前，国家和国网公司都未出台适用于新能源发电并网的电能计量装置技术规范。

6、冀北电力公司：农网分布式发电/储能及微电网接入控制技术通过鉴定。

7、对并网逆变器的质量控制检验标准与计量相关条文提出的质疑。

8、先行一步，分布式电源并网监测、计量技术规范的制定，可以由电表行业组织合作研究。

六、强化反窃电网络建设的时机来临

1、 国网：2012 年 11 月在武汉市召开反窃电工作现场交流会议

1）会议认为：从近期数据来看，窃电违法犯罪活仍有蔓延的扩大趋势，要总结推广反窃电工作的经验和做法，提升反窃电工作的总体水平。

2）国网系统：从2009年至2012年共查获窃电

案件30.87万件，追缴电费和违约使用电费22.44亿元。

3）北京、上海等18个省公司积极配合地方人大和地方政府开展反窃电立法调研等工作，推动反窃电条例和反窃电办法等地方法规顺利出台。

2、 防治窃电，应用先进技术装备，发挥智能电表及用电信息采集系统作用

1）山西长治供电公司

·反窃电监控系统包括装在用户端的反窃电稽查仪、高压无线互感器、精密电源等，提高反窃电措施的科技含量。

·反窃电综合实验室：涵盖典型窃电及高科技窃电仿真实验，解决反窃电查处难、取证难等问题。

2）山东电力公司：研制出磁场检测报警电表，有效防治采用磁干扰方法窃电。

3）江苏电力公司：开发用电检查移动作业平台及智能无线掌上终端，有效提高查处窃电行为的精确性和时效性。

4）甘肃电力公司：先后研制出一批具有实用价值的反窃电装置（如今克保护盒等）

5）福州电业局，单相防窃电电能表项目荣获第七届中国国际发明展览会金奖。

6）国网各级电力部门通过用电信息采集系统和营销稽查监控系统，从海量营销用电信息数据的过滤分析，实时监测失压、失流记录，三相负荷不平衡等情况，对功率因数异常，线损较高配变台区，电量突变和长期电量为零的客户进行用电信息分析、比对，对筛选出可能存在窃电隐患的客户进行充分跟踪。

3、 南瑞集团通信与用电技术分公司：追求成熟的防窃电技术，打造卓越的反窃电能力

1）防窃电负荷监控系统

2）智能防窃电表箱

3）现场快速校验仪

4）用电异常信息处理系统

5）防窃电实训室建设

4、 张春晖：《窃电行为预防与治理策略》

七、电能表通信系统新技术动向

1、青岛东软公司：

1)推出基于 OFDM 的 SSC1650 窄带载波通信芯片及通信模块

2）研制出基于IEEE802.15.4g新标准的SSC1645微功率无线通信芯片及通信模块

2、深圳国电科技通信公司：发布中国首款自主知识产权的电力线宽带载波通信芯片SG5000/SG3000

3、杭州海兴公司：基于IEC61334技术的电力线（窄带）载波通信解决方案

4、沈阳自动化研究所：由该所牵头制定出IEC62601《工业通信网络 现场总线规范WIA-PA通信网络与通信规范》；WIA-PA微功率无线通信方式在沈阳电网试点应用

5、威胜集团公司：引进与推广美国工频通信系统技术

6、深圳国电科技通信公司：《短距离微功率无线通信技术标准解析与展望》

1）编制新标准目标：各厂商的微功率无线通信单元的互联互通、相互兼容、相互可以替换、可混合组网。

2）前期调研后，撰写《国内外微功率无线标准对比分析报告》、《微功率无线厂家通信技术分析报告》

建议：微功率无线标准的物理层、数据链路层参照IEEE802.15.4；网络层、应用层参考ZigBee标准。

3）通信新标准概要：

·物理层规范：

·频段：471MHz-486MHz

·传输速率：10kbps

·调制方式：GFSK

·干扰避免：采用跳频技术避免与广电模拟信号相互干扰

·信道分配：共有33个信道组，每个信道组有2个信道。信道组分为两类，0号信道组为一类，用于组网、维护；1到32信道组为一类，用于抄表等应用。

·数据编码：使用伪随机编码对原始数据进行白化，降低传输的误码率。

·MAC 层规范：主要提供 MAC 子层数据服务和管理功能

·网络层规范：

·组网方法：信标法，由集中器发起组网

·路由算法：集中式路由，中心节点获取网络信息并计算路由。

·管理路由表、数据传输时的源路由

·广播通信：采用 TDMA 和 CSMA-CA 算法使用信道

·应用层规范：应用支持子层的设备管理平台

·数据转发：将 Q/GDW376.2 协议、DL/T645 协议等数据帧进行转发

·数据上报：产生网络异常、电表故障等事件需要上报到中心节点。

·对标准作出规范性补充

·白化编驿码、白化算法 C 语言代码

·CRC-ITU计算算法、验证算法、对应的C语言代码。

·376.2协议扩展：添加控制命令、查询数据、网络进程、网络操作。

4）新标准兼容性分析

·新标准和此前国网公司已部署方案不兼容

·已部署的设备可通过软件升级的方法与新标准实现兼容。

·新标准为日后兼容留下了足够的空间。

5）日后，新标信将申请成为电力行业标准乃至国家标准。

7、广东从化供电局：《窄带高速电力线载波通信发展现状分析》

1）窄带高速PLC技术凭借OFDM的优势及FEC（前向纠错）和组网技术的引入，能够满足数据采集、照明控制、家庭自动化等应用的带宽要求。

2）国际上，PRIME、G3—PLC以及ITU-T批准通过的G.hnem作为开放性标准，采用OFDM调制解调技术

·PRIME 标准：使用 CENELEC—A 频带（3kHz-95 kHz），最高数据速率130kbps。

·G3-PLC标准：支持CENELEC、ARIB、FCC规定的全部窄带PLC频段（注：3kHz-500 kHz），提供20kbps到300kbps的数据传输速率。

·ITU-T　G. hnem标准：为了解决众多标准的互操作性，结合PRIME和G3-PLC的优点，做了进一步改进而成。2011年2月ITU-T批准推荐G.9955和G.9956作为G.hnem的物理层和数据链路层规范，并添加在PRIME、和G3-PLC的附件中。

作为最新的高速电力线窄带标准，支持CENELEC、ARIB、FCC规定的全部窄带PLC频段，其原始数据传输速度最高在1Mbps。

（注：国际上还有其它 OFDM 高速窄带 PLC 标准）

3）标准之间的比较

·物理层的主要区别：包括工作频带、最高传输速率、采样频率、OFDM（FFT点数、CP长度、子载波数、子载波间隙、是否加窗）、前序纠错编码、调制解调方式。

·工作频带：PRIME只采用LENELEC-A频段，而G3-PLC和G.hnem将工作频带扩展到ARIB、FCC。由于G3-PLC采用级联纠错编码和重复编码，其抗干扰能力更强。

·组网能力：PRIME只支持基于基本点和服务节点的类似树状网络建设；G3-PLC基于IEEE802.15.4类型的MAC子层，支持包括星形、树状及Mesh网络拓朴结构。Mesh网络适合节点移动频繁和节点数目多的场合，更适合于在实际电力线网络中应用。

4）高速窄带PLC应用

·除了配网保护类和视频类应用，窄带高速PLC完全可以满足配网业务对实时通信的要求。对于配网自动化通信应用如AMR/AMI、DSM、V2G通信、照明控制、家庭能源管理方面的业务也特别合适，其中，跨变压器传输的PLC更加适合未来AMI建设。

结语

以上提出前景可期的电表新技术课题的应用研究，就是期望电表行业在做好国内低价位电表市场的基础上，面向未来，将这些电表新技术项目经过产品开发、优化，认证与测试，挂网运行、试用，最后进入国内市场或开拓国际高端市场。应该说，这是一个漫长、艰难的求新探索过程，也是培育新市场、拓展新领域的必经之路。

参考文献

[1] 郑可;侯兴哲;张春晖;彭鹏　电子式多功能关口电能表性能评估方法初探《电测与仪表》- 2010-01-25